

기술 특 집

고해상도 TFT-LCD 구동 방법

권 오 경 (한양대학교 전기전자 컴퓨터 공학부)

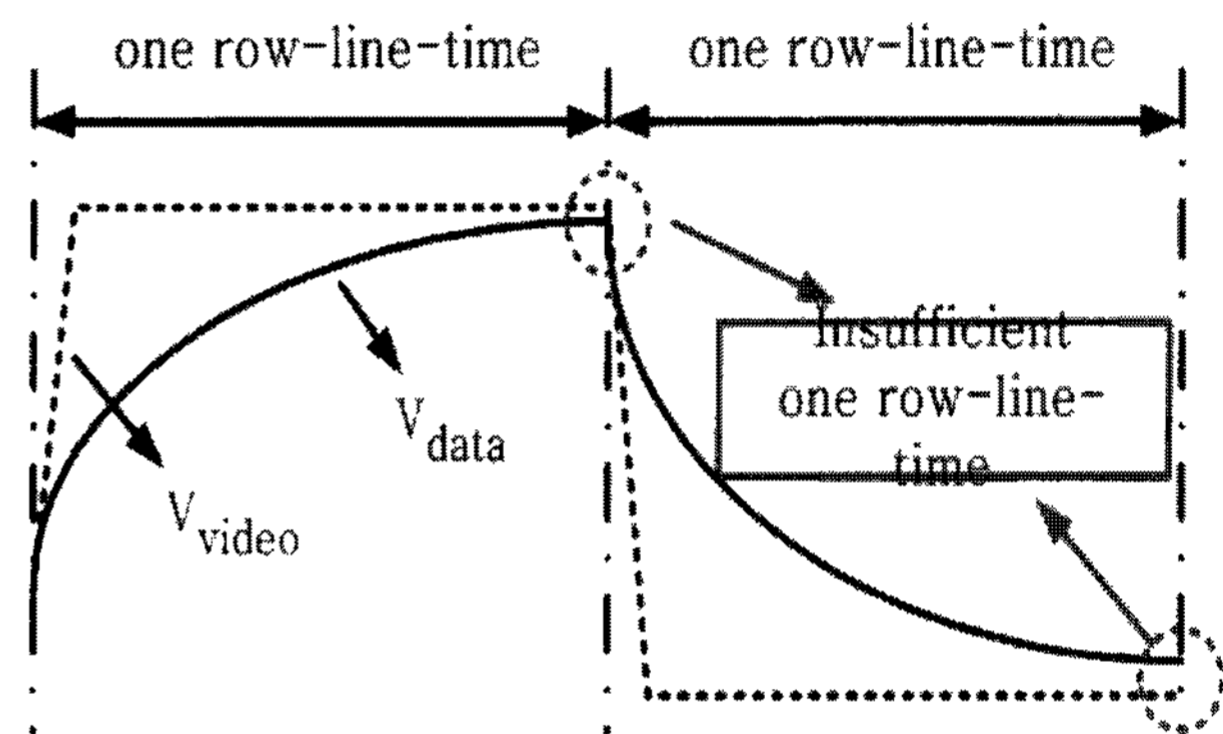
본 고에서는 평판 디스플레이 소자로서 가장 널리 사용되는 액정 디스플레이의 대면적 고해상도에 대응하는 방법에 대한 기존의 구동 방식들과 그들의 특징을 중심으로 살펴본다.

I. 서 론

현재 TFT-LCD는 노트북 뿐만 아니라 15인치에서 20인치급 데스크 탑 컴퓨터의 모니터로써 대중화 되어가고 있으며, 디지털 TV로 사용되는 30인치 UXGA급 이상의 TFT-LCD 패널의 경우, 높은 패널 제조 가격 및 복잡한 구동 방법으로 인해 아직 그 가격이 매우 높은 현실이다. 그럼에도 불구하고 TFT-LCD는 경박단소하고 고화질에 고해상도를 구현할 수 있다는 장점과 생산라인의 대형화에 따른 저가격화가 가능성이 높아 향후 CRT를 대체할 수 있는 가정용 디지털 TV로서 확산이 가속화될 것으로 기대되고 있다. 이와 같이 TFT-LCD가 고해상도화 됨에 따라 우선 나타나는 문제가 행 선택시간(row-line-time)의 감소이다. 프레임 주파수가 60Hz일때 QXGA의 행 선택 시간은 약 10usec에 불과하고 QUXGA의 행 선택 시간은 7usec에도 미치지 못한다. 고해상도화에 따른 또다른 문제는 게이트 라인과 데이터 라인의 커패시턴스 증가이다. 게이트 라인의 커패시턴스를 구성하는 주요 요소가 데이터 라인과 교차점, 화소의 게이트 커패시턴스 등이고, 데이터 라인의 커패시턴스 역시 게이트 라인과 교차점, 공통전극 라인과 교차점에서 주로 발생하기 때문에 게이트 라인과 데이터 라인의 커패시턴스는 주로 신호선의 길이와 화소 수에 비례하게 되어, 고해상도화에 따라 증가하게 된다.

[그림 1]에서 보는 바와 같이 고해상도화에 따른 행선택 시간은 감소하는데 반하여, 게이트 및 데이터 라인의 커패시턴스의 증가로 충전시간은 오히려 증가하게 되어, 각 화소가 요구되는 전압까지 충분히 충전되지 못함으로써 원하는 색을 제대로 표현하지 못하게 되는 것이 고해상도 LCD가 해결하여야 할 가장 중요한 과제이다^[1].

상기에 언급한 대면적 고해상도 TFT-LCD 구동의 문제점을 해결하는 방법으로는 첫째, 데이터 라인을 구리(Cu)나



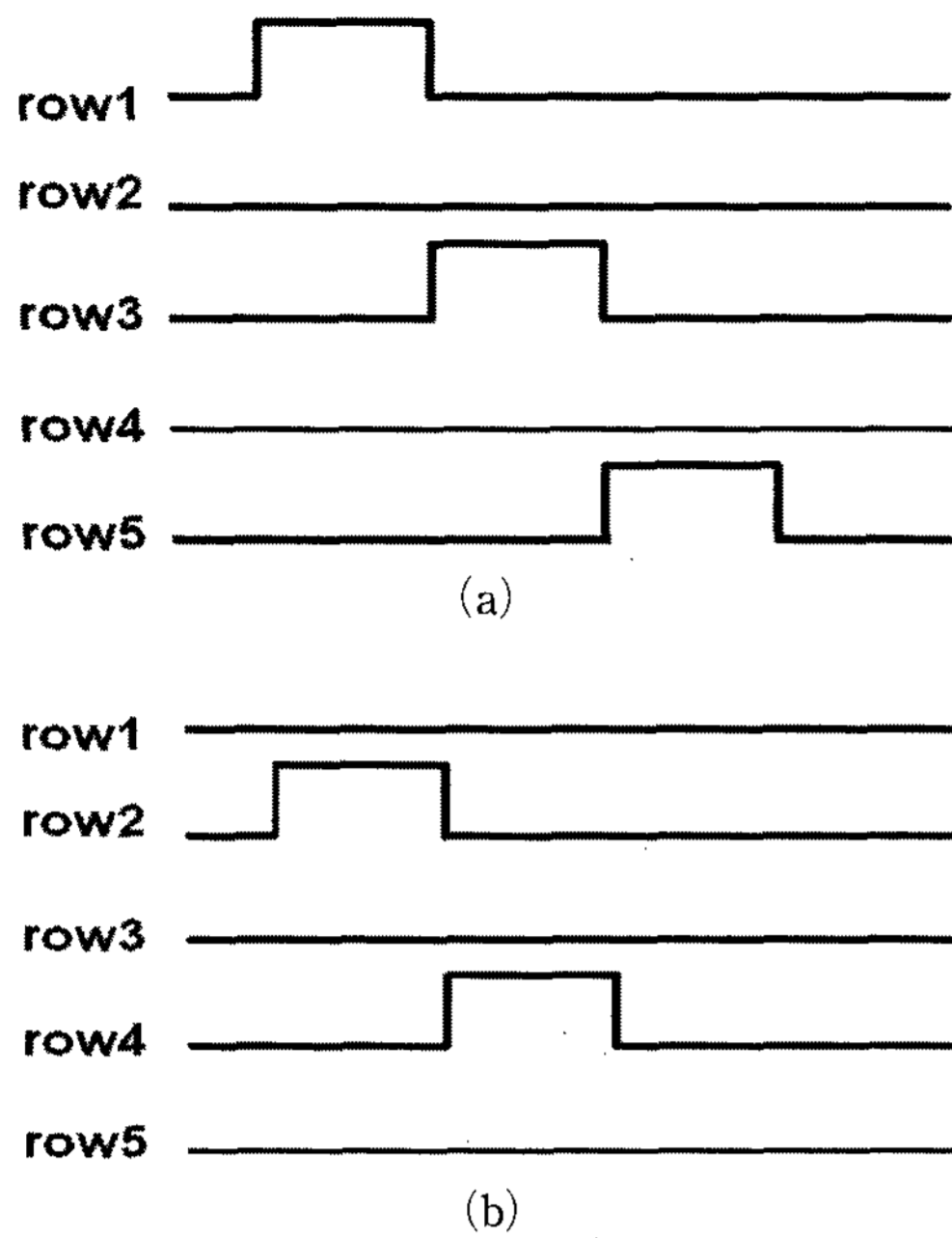
[그림 1] 대면적 고해상도 TFT-LCD패널의 RC-지연으로 인한 영상신호 전달의 문제점.

알루미늄(Al) 같은 낮은 비저항을 갖는 물질로 만드는 방법이다.^[2,3] 이 경우 데이터 라인의 저항성 로드의 크기가 줄어들게 되어 RC-지연 시간을 줄일 수 있다. 구리는 비저항이 가장 작지만 습식 식각(wet-etching)공정이나 금속도금 기술을 사용하여야 하고, Si나 SiO₂로 쉽게 확산(diffusion)이 발생하며, 잘 점착되지 않고, Al은 열적 안정성이 떨어지고, 힐록(Hillock)이 형성되는 등의 문제가 있어 상용화에 어려움을 겪고 있다. 두번째 해결 방법으로는 높은 슬루율(slew-rate)을 갖는 연산 증폭기(op-amp)를 설계하는 것이다^[4]. 높은 슬루율을 갖는 연산 증폭기를 사용하면 데이터 라인을 통한 영상 신호 전압의 충전속도를 높일 수 있으나 일반적으로 연산 증폭기의 슬루율은 정상 상태 전류의 크기에 비례하므로 높은 슬루율을 갖는 연산 증폭기를 설계하기 위해서는 소비전력이 증가하는 단점이 있다. 본 고는 앞에서 설명한 방법 이외에 고해상도 TFT-LCD 구동에 대응 가능한 여러가지 구동 방식을 소개하기로 한다.

II. 본 론

1. 비월 주사 방식(interlace scanning)

비월 주사 방식은 [그림 2]에서 보듯이, 프레임을 홀수



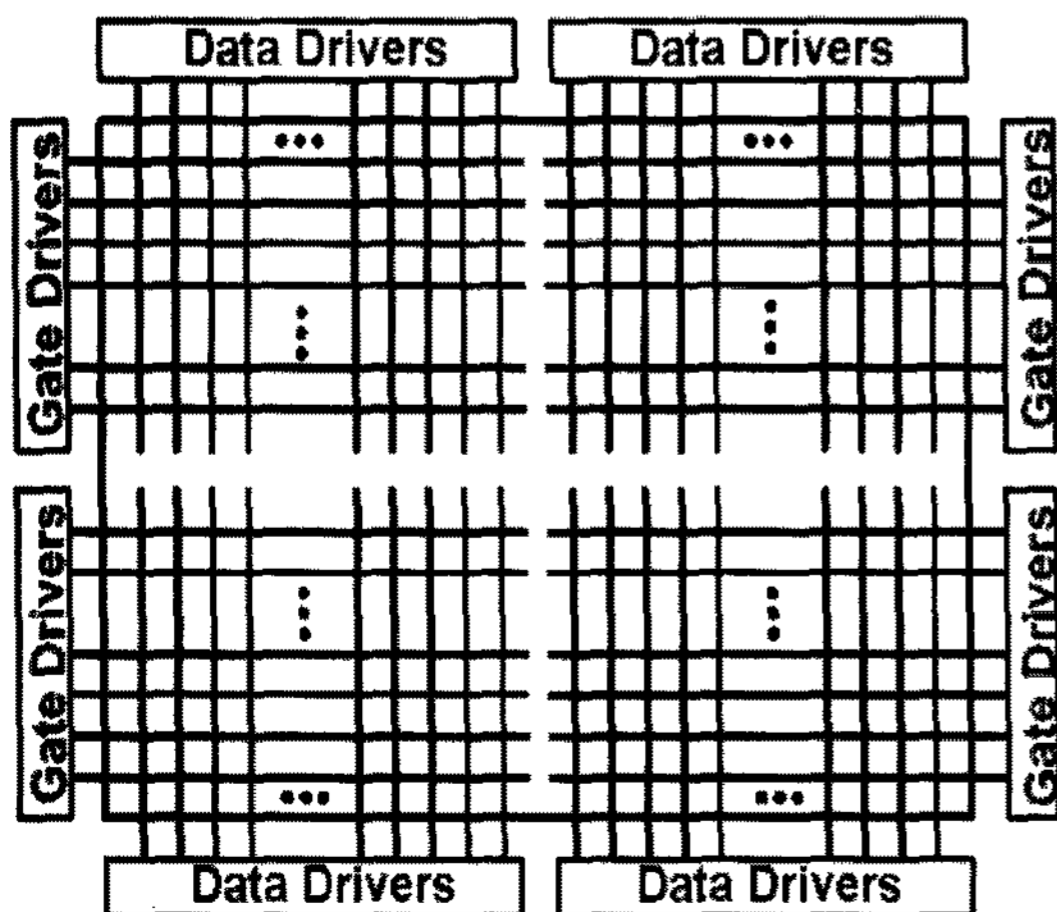
[그림 2] 비월 주사 구동방식의 스캔 파형 (a) 홀수 번째 프레임의 스캔 파형 (b) 짝수 번째 프레임의 스캔 파형.

번째와 짝수 번째 프레임으로 구분하여 홀수 번째 프레임에서는 홀수(혹은 짝수)번째 게이트 신호선만 선택하고, 짝수 번째 프레임에는 짝수(혹은 홀수)번째 게이트 신호선만 선택하는 방식이다.

이 방식을 사용하면, 한 프레임 동안 선택하는 게이트 신호선의 수가 1/2로 감소하기 때문에 행 선택 시간을 2배로 증가시키는 효과가 있다. 그러나 이 방법은 실질적인 수직 해상도가 1/2로 감소할 뿐 아니라, 플리커(fliker)가 보다 쉽게 발생할 수 있다^[6].

2. 패널 분할 구동방식

패널 분할 구동방식은 [그림 3]과 같이 TFT-LCD의 패널을 4등분하여 구동하는 방식이다. 이 방식에서는 행 선택 시간은 2배로 증가하고, 게이트 신호선이나 데이터 신호선의



[그림 3] 패널 분할 구동방식.

길이 1/2로 짧아지면서, 지연 시간은 1/4로 감소한다. 그러나 패널을 4등분 함으로써, 소요되는 게이트 구동 LSI와 데이터 구동 LSI의 개수가 일반적인 패널 구조의 구동회로보다 각각 2배씩 증가하여 가격 상승의 단점이 있다.

3. Dual Line Scanning 방식

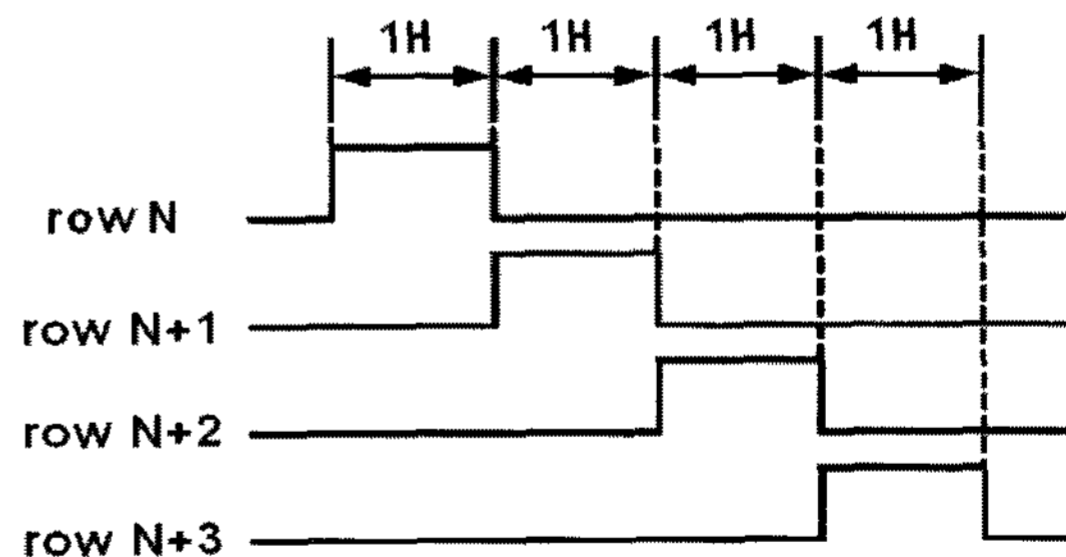
일반적으로 [그림 4]와 같이 한 행의 시간에 한 행씩 순차적으로 스캔하는 구동방식을 사용하는데, 해상도가 높아질수록 주어진 프레임 시간 내에 스캔해야 하는 행 수가 증가하여 행 선택 시간이 짧아지는 문제점이 생긴다. 그래서 dual line scanning 구동방식은 실질적인 행 선택 시간을 연장하기 위하여 [그림 5]와 같이 N번째 행과 N+1번째 행을 동시에 스캔한다.

그러나 두 행에 연결된 화소들이 동시에 턴온되고 동시에 턴오프되어, 두 행의 화소에는 동일한 데이터가 전달되어 TFT-LCD는 원래 수직 해상도가 1/2로 줄어드는 단점이 있다^[6].

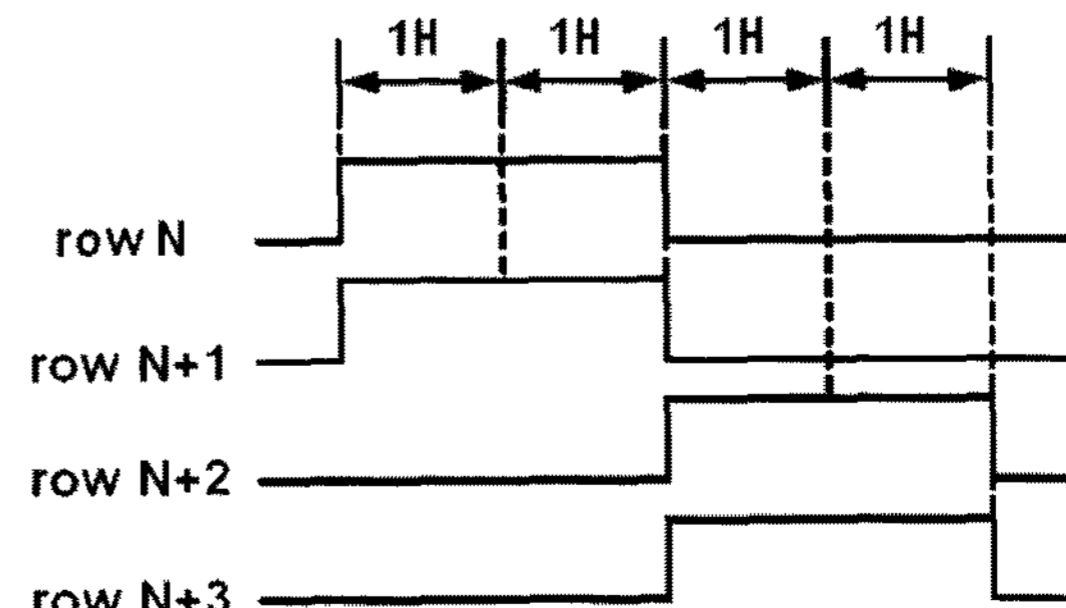
4. LiTEX(Line Time Extension) 구동방식

LiTEX 구동방식^[7]은 dual line scanning 구동방식과 같이 N번째 행과 N+1번째 행을 동시에 스캔함으로써, 실질적인 행 선택 시간을 연장하여 행 선택 시간 부족 문제를 해결하는 방식이다.

그러나 dual line scanning 구동방식과 달리 턴온은 동시에 시키지만, [그림 6]과 같이 N번째 행과 N+1번째 행을 시차를 두고 차례로 턴오프시킨다. 이렇게 하면, N번째 행이 턴오프된 후, N+1번째 행에 해당하는 데이터를 전달함으로써 N번째 행과 N+1번째 행에 각각의 데이터를 전달



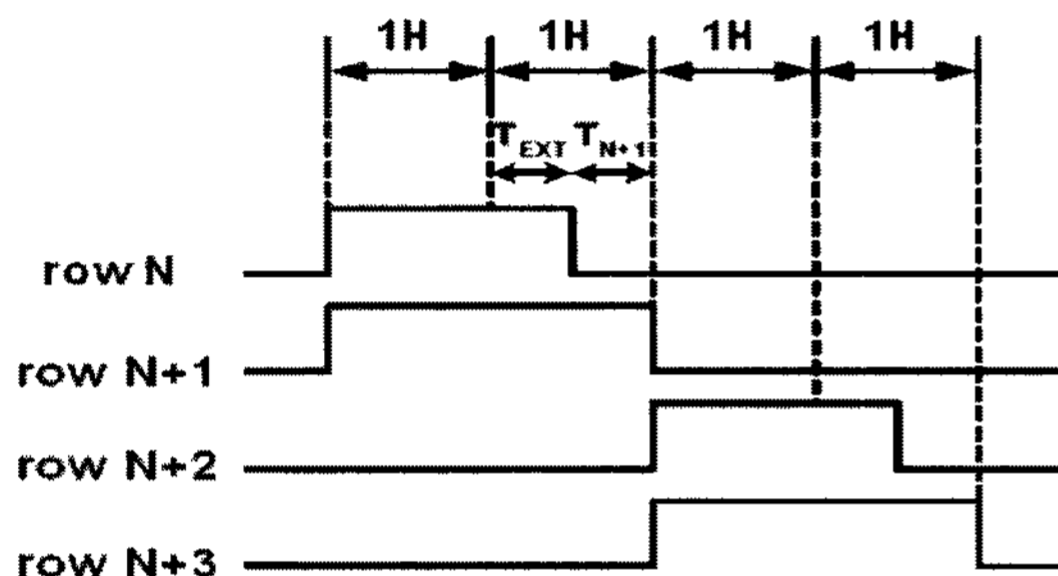
[그림 4] 일반적인 행력 구동방식에서의 스캔 파형.



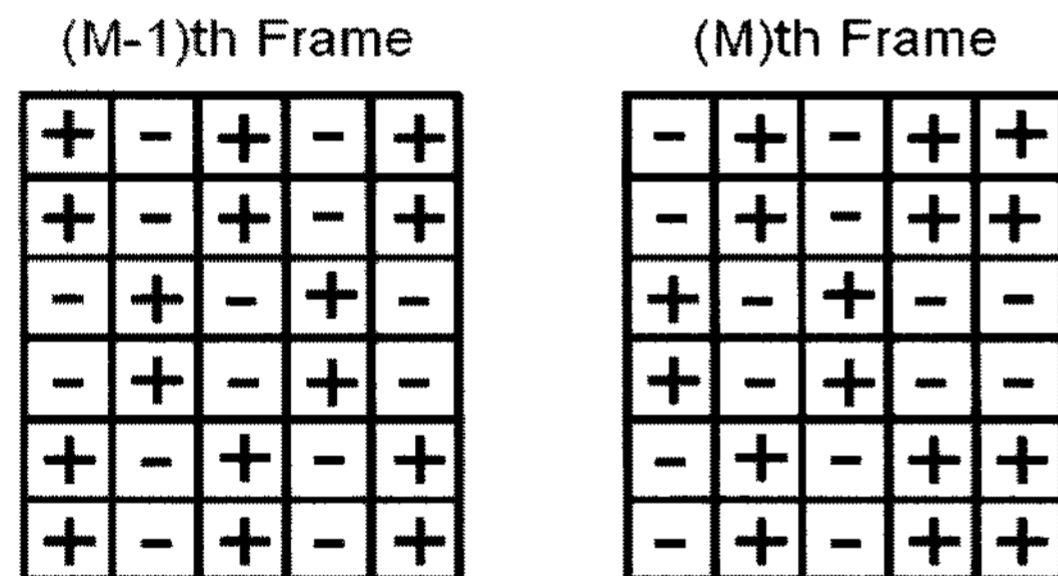
[그림 5] Dual Line Scanning 구동방식의 스캔 파형.

할 수 있다. 즉, 수직 해상도가 1/2로 줄어드는 것을 막을 수 있다.

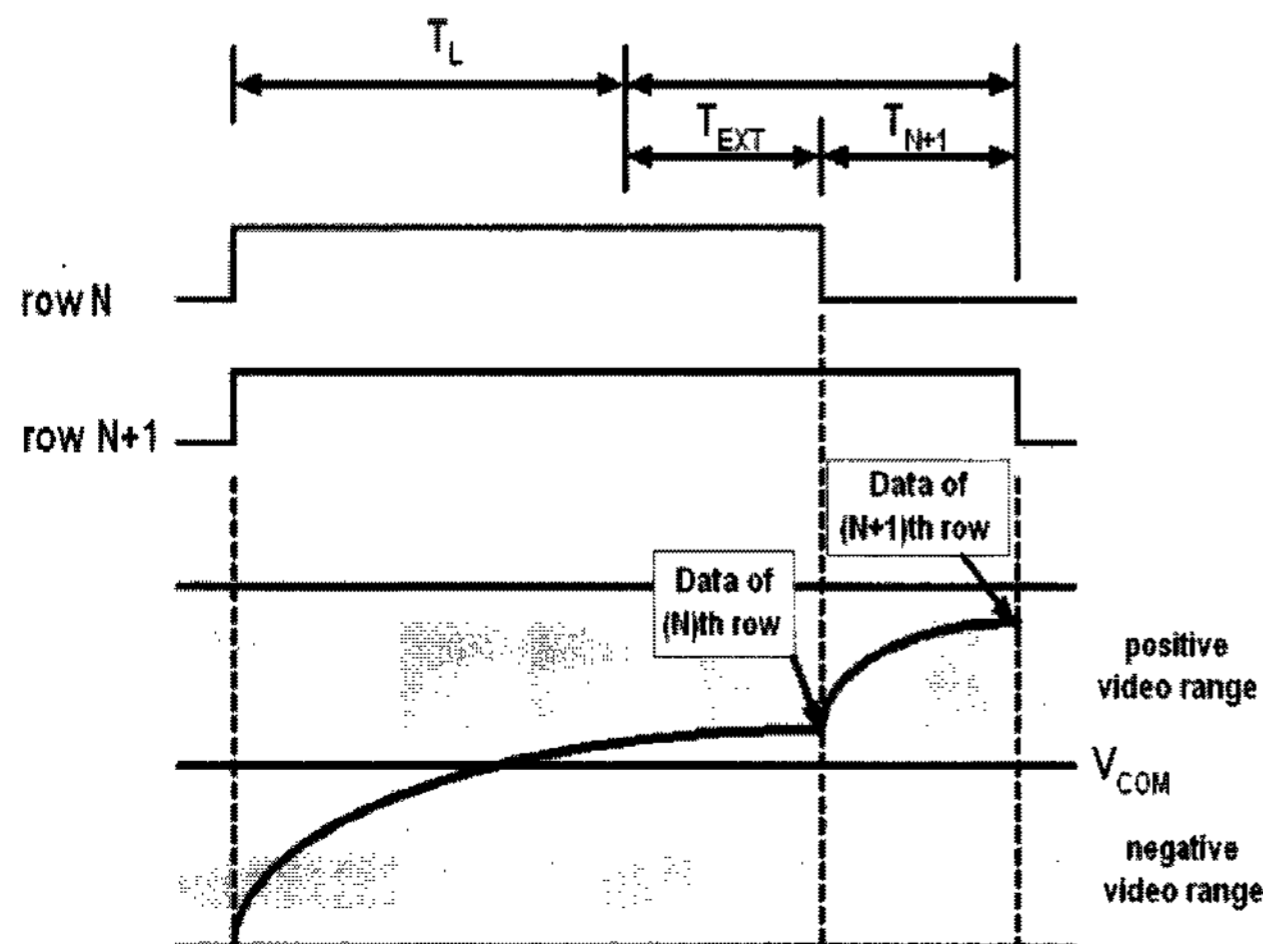
LiTEX 구동방식은 기본적으로 [그림 7]에 나타낸 보와 같이 2H1V 반전 방식을 사용한다. N번째 행과 N+1번째 행의 화소들이 동일한 극성의 신호 영역으로 충전 되는데, [그림 8]과 같이 같은 양극성(혹은 음극성) 신호 영역 내에서 가장 멀리 위치한 경우 최악 조건이 된다. 그러나 이러한 최악의 조건일 경우라도, N+1번째 행은 N 번째 행 선택 시간에 미리 선택 되어 예비 충전되기 때문에 일반적인 스캔 방식처럼 선택시간 내에 음극성 신호 영역에서 양극성 신호 영역으로 충전되는 경우보다 훨씬 짧은 시간 내에 해당 데이터 전압까지 충전될 수 있다. 하지만, 게이트 신호선의 지연시간이 매우 큰 대면적의 경우에는 LiTEX 구동을 통한 행 선택 시간의 연장 효과가 적은 것이 단점이다.



[그림 6] LiTEX 구동방식의 스캔 파형.



[그림 7] 2H1V 반전 방식에서의 신호의 극성.

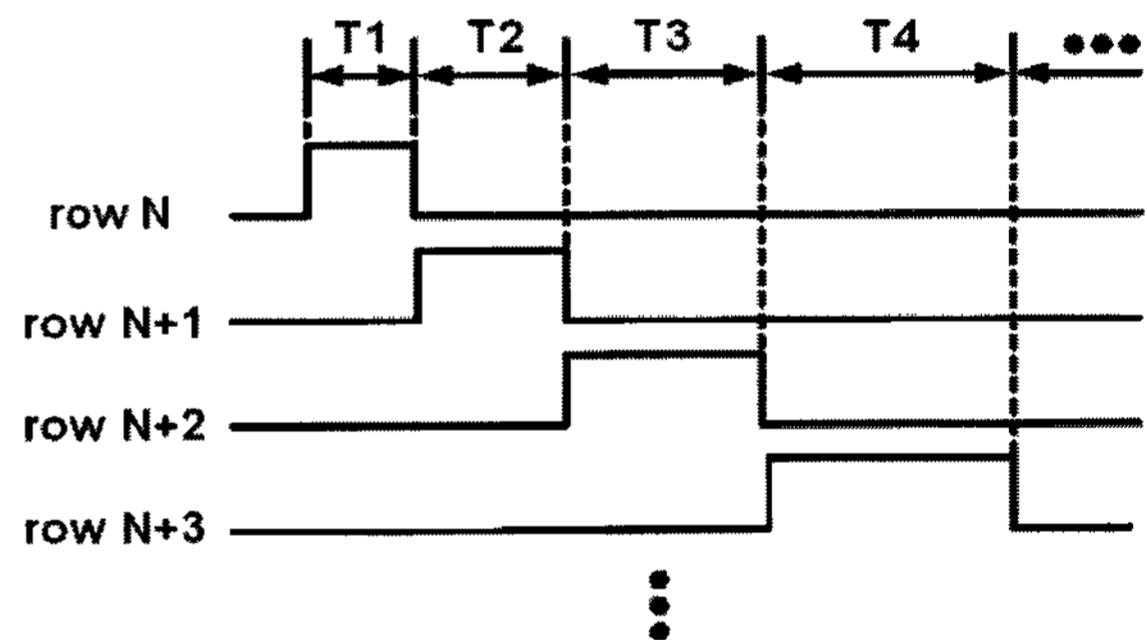


[그림 8] LiTEX 구동방식에서의 N+1번째 행 신호의 최악 조건.

5. TTD(Time Division Driving) 구동방식

TTD 구동방식^[8]은 [그림 4]와 같이 일반적으로 각 행의 선택 시간을 동일한 시간을 사용하는 것과 달리, 충전 시간의 부족으로 인한 화소의 전압이 불완전한 충전 오차를 보상하기 위하여 저항과 캐패시턴스의 영향이 적은 행들의 선택 시간을 줄이고, 저항과 캐패시턴스의 영향이 큰 화소의 행 선택 시간을 늘려서 충전 시간을 확보해 줌으로써 충전 오차를 보상하는 방식이다.

[그림 9]를 보면, N번째 행에서는 T1의 행 선택 시간으로 원하는 영상 신호를 화소에 입력하고, N+1번째 행에서는 T1의 행 선택 시간보다 긴 T2의 행 선택 시간으로 원하는 영상 신호를 화소에 충전한다. 이는 데이터 구동회로와 가까운 거리의 화소는 신호선들에 의한 저항과 캐패시턴스의 영향이 적기 때문에 적은 행 선택 시간에도 원하는 신호를 충전할 수가 있기 때문이다. 그러나 데이터 구동회로와 거리가 멀어지는 화소들은 저항과 캐패시턴스의 영향으로 신호 지연이 커 충전 시간이 길어지게 된다.

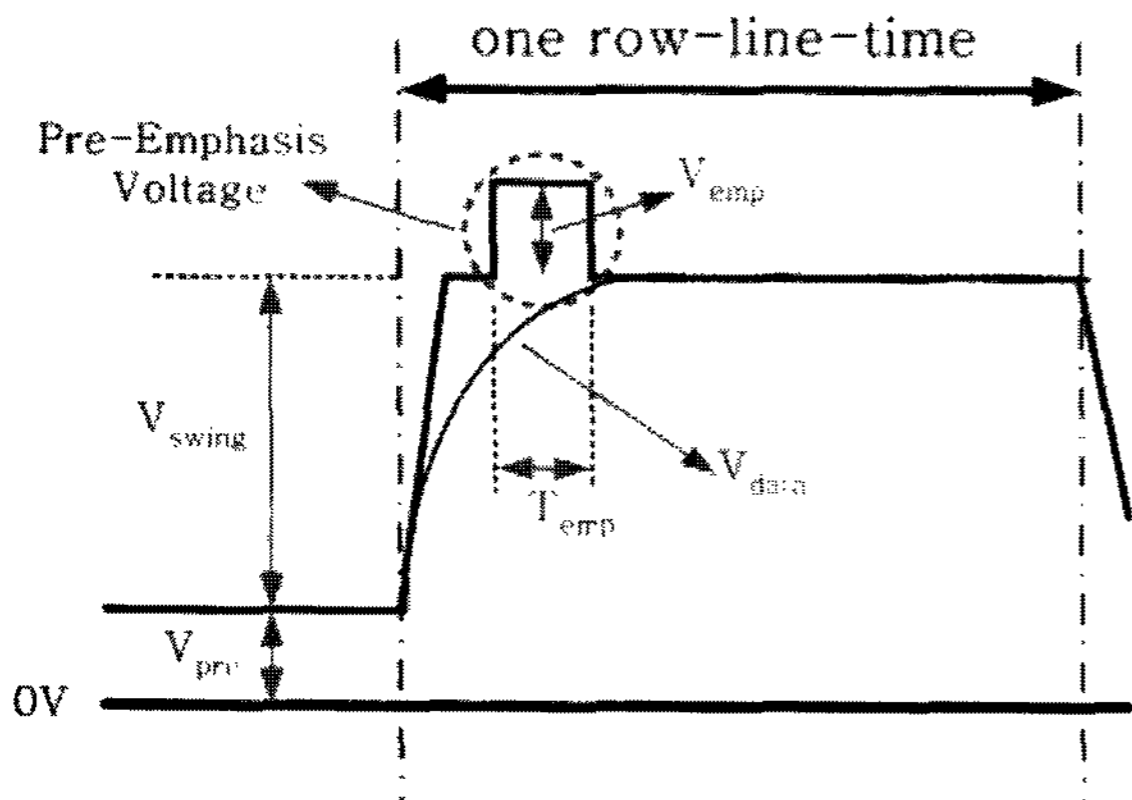


[그림 9] TTD 구동방식의 스캔 파형.

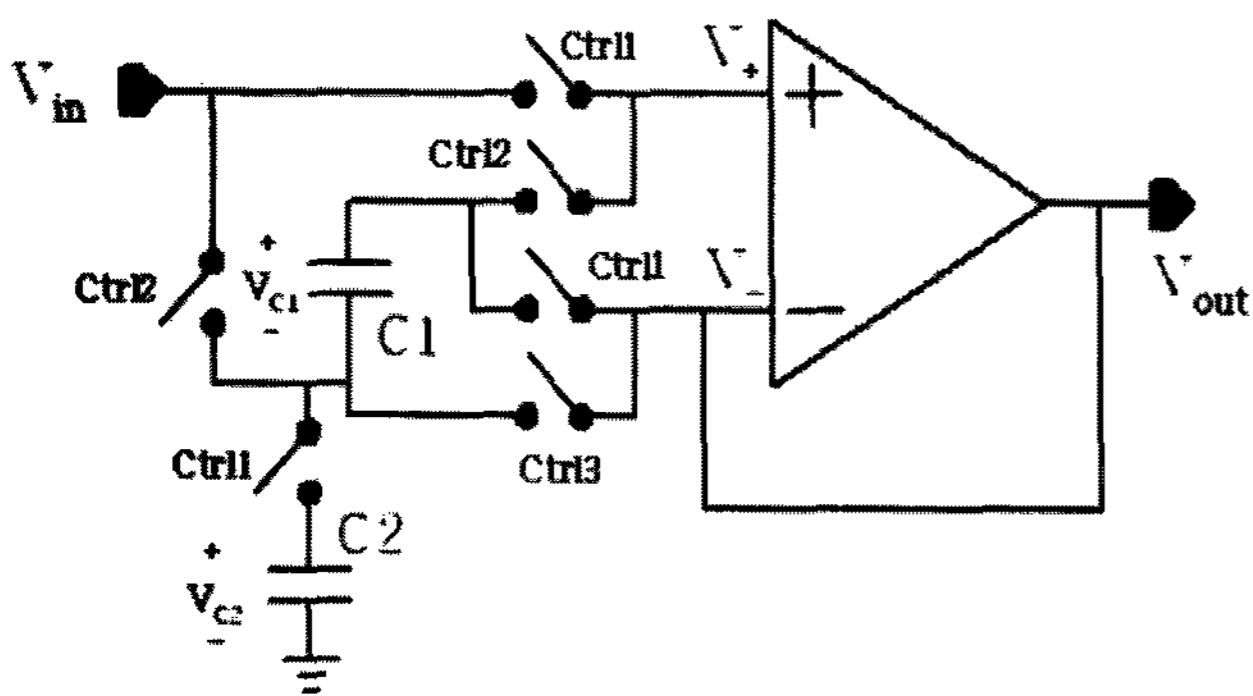
6. Pre-Emphasis 구동 방식

[그림 10]은 pre-emphasis 구동 방식을 나타낸다^[9]. 구동 방식은 강조 신호 전압(V_{emp})을 영상 신호 전압의 초기에 실어 줌으로써 데이터 라인을 원하는 영상 신호 전압까지 빠르게 충전 및 방전 시키는 방법이다. [그림 11]에서는 pre-emphasis 구동을 위한 출력 버퍼의 회로와 timing diagram을 나타낸다.

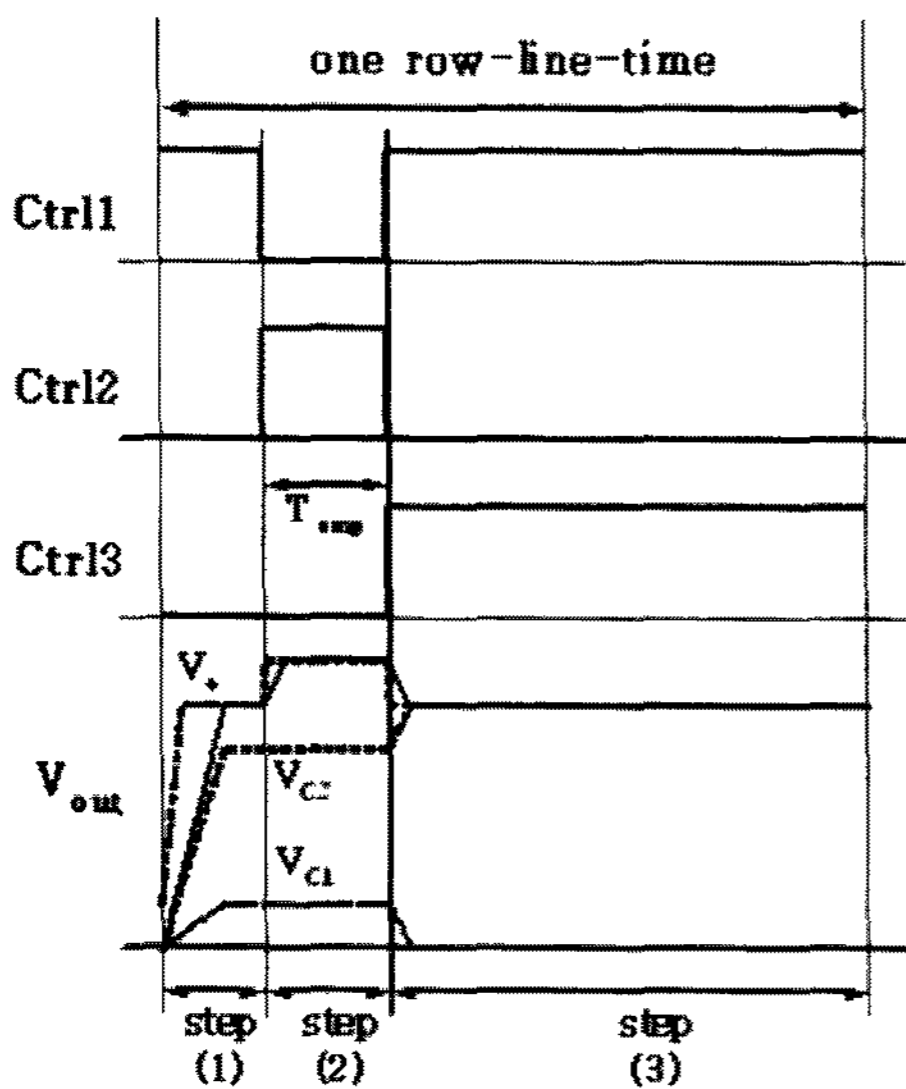
[그림 10] 기존 데이터 라인 전압을 V_{pre} , 영상 신호 전압 변화폭을 V_{swing} 이라 하면 데이터 라인 전압 V_{data} 는 식 (1)으로 주어지게 된다. 여기서, 강조 전압 시간을 T_{emp} , 데이터 라인 전압 변화폭과 영상 신호 전압 변화폭과의 오차 범위를 입력전압의 0.1% 이내 ($V_{data} = V_{pre} + 0.999V_{swing}$)로 하여 식 (1)에 대입하고, 강조 전압(V_{swing})에 대하여 다시 정리하면 최종적으로 식 (2)를 얻을 수 있다. 또한 식 (2)의 오른쪽항에서 영상 신호 전압을 제외한 나머지는 상수 (k)가 되므로 강조 신호 전압은 식 (3)과 같이 영상 신호 전압의 상수비로 나타내어진다.



[그림 10] pre-emphasis 구동 방법식의 데이터 라인 파형.



(a)



(b)

[그림 11] pre-emphasis 구동을 위한 (a) 출력 버퍼와 (b) 출력 버퍼의 timing diagram.

$$V_{data} = V_{in} \times (1 - e^{-\frac{t}{R_{data} \times C_{data}}}) + V_{pre} \quad (1)$$

$$V_{emp} = \frac{(-0.001 + e^{-\frac{T_{emp}}{R_{data} \times C_{data}}}) + V_{swing}}{1 - e^{-\frac{T_{emp}}{R_{data} \times C_{data}}}} \quad (2)$$

$$V_{emp} = k \times V_{swing} \quad (3)$$

따라서, 영상 신호 전압의 변화폭에 비례하는 강조 신호 전압을 일정 시간 동안 영상 신호 전압에 더해 줌으로써 RC-지연에 의한 영상 신호 전압의 전송 시간을 보상할 수 있게 된다.

III. 결 론

본 고에서 대면적 고해상도 TFT-LCD를 구현하기 위한 여러가지 구동 방식 및 특징을 살펴 보았다. 데이터 라인의 충전시간 부족을 해결하기 위하여 충전시간을 증가시켜 주는 방식으로 비월주사 방식(interlace scanning), 패널 분할 구동방식, dual line scanning 방식, LiTEX (Line Time Extension) 방식을 소개하였고, 행의 위치에 따라 행선택 시간을 달리하는 TDD (Time Division Driving) 방식과, 데이터 신호 전압에 임의의 강조 전압을 더함으로써 충전시간을 줄여 충전 오차를 줄이는 pre-emphasis 구동방식에 대하여 소개하였다. 물론 해상도가 매우 높아지고 대면적이 높아지면 이런 구동기술 만으로 필요한 고해상도를 구현하는 것은 매우 어려우며, 공정 기술의 개발이 더 근본적이고, 직접적인 해결의 방향임은 주지의 사실이다. 하지만 위에서 언급한 구동방식을 개발하여 TFT-LCD 패널에 적용한다면, 주어진 공정 조건 하에서 최대한의 해상도를 구현할 수 있을 뿐 아니라, 기존 공정을 최대한 이용함으로써 가격 경쟁력을 가질 수 있고, 최신의 새로운 공정이 주어진다 고 했을 때, 종래 기술로는 구현 할 수 없었던 최고의 해상도를 구현 함으로써 TFT-LCD의 발전에 기여 할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] H. Kitahara *et al.*, "Technology trend of large size and high resolution direct view TFT-LCD", in *SID Int. Sym. Digest of Tech. Papers*, Vol. XXXI, pp.1108-1111, May 2000.
- [2] T. Arai *et al.*, "Aluminum-based gate structure for active-matrix liquid crystal displays", in *IBM j. of Res. and Dev.*, Vol.42, No.3/4, pp.501-508, May/July 1998.
- [3] C.W Park *et al.*, "Cu as an Electrode Material in TFT-LCD Products", *IMID'03*, 2003, pp.661-663.
- [4] T. Itakura, "A High Slew Rate Operational Amplifier for an LCD Driver IC", *IEICE Trans. Fundamentals.*, Vol. E78-A, No. 2, pp.191-195, Feb. 1995.
- [5] T. Nose *et al.*, "A 28-cm-diagonal UXGA TFT-LCD with new driving method", in *SID Int. Sym. Digest of Tech. Papers* Vol. XXX, pp.180-183, May 1999.

- [6] M. Nishimura *et al.*, "Late-News Paper : A 21.3-in UXGA TFT-LCD with new driving method", in *SID Int. Sym. of Digest of Tech. Papers*, Vol. XXVIII, pp.1165-1168, May 1998.
- [7] B. D. Choi *et al.*, "The Line Time Extension Driving Method for TFT-LCDs with High Resolution Formats", in *IDRC Conference Proceedings*, 2002, pp.295-298.
- [8] 정현각 외, "대면적 고해상도 TFT-LCD를 위한 새로운 구동방식", 제10회 반도체 학술대회, 2002, pp. 851-852.
- [9] S.J. Kim *et al.*, "Pre-Emphasis Driving method for Large size and high resolution TFT-LCDs, in *SID Int. Sym. of Digest of Tech. Papers*, Vol. XXXVI, pp.1354-1357, May 2003.